



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): Junji Yoshida, et al.  
Serial No.: 09/758,963  
Filed: January 10, 2001  
For: SEMICONDUCTOR,  
LASER APPARATUS AND  
FABRICATION METHOD  
OF SAME, AND  
SEMICONDUCTOR  
LASER MODULE  
Group Art Unit: 2881  
Examiner: Unassigned  
Attorney Docket: 07742-06 (6635-60093)

CERTIFICATE OF  
MAILING/TRANSMISSION  
(37 C.F.R. § 1.8(a))

I hereby certify that this correspondence is, on the date shown below, being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to Box Assignment, Assistant Director for Patents, Washington, D.C. 20231.

May 22, 2001  
Date

Julie Cox  
Julie Cox

TRANSMITTAL LETTER OF PRIORITY DOCUMENT

Box Assignment  
Assistant Director for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of the priority document 2000 - 378103 for the above-identified application.

Respectfully submitted,

David Schnapf  
Registration No. 31,566

Date: 5/22/01  
COUDERT BROTHERS  
4 Embarcadero Center, Suite 3300  
San Francisco, CA 94111  
Telephone: (415) 986-1300  
Telefax: (415) 986-0320



日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2000年12月12日

出願番号  
Application Number:

特願2000-378103

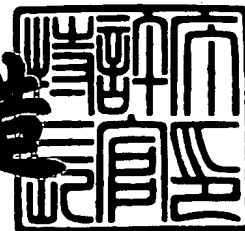
出願人  
Applicant(s):

古河電気工業株式会社

2001年 3月16日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 A00506

【提出日】 平成12年12月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/00

H01S 5/34

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 吉田 順自

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 築地 直樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 木村 俊雄

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ装置およびその製造方法ならびに半導体レーザモジュール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一定の光出力をパラメータとした、半導体レーザ装置の共振器長および該半導体レーザ装置の上部クラッド層のキャリア濃度を含む該半導体レーザ装置の各要素と該半導体レーザ装置の駆動電力あるいは光電力変換効率との関係をもとに決定され、所望の光出力に対応して該駆動電力が最小近傍あるいは該光電力変換効率が最大近傍となる該半導体レーザ装置の各要素値を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】  $1000\ \mu\text{m}$ 以上の一定の共振器長をパラメータとした  $50\ \text{mW}$ 以上の光出力に対する駆動電力の関係をもとに決定され、所望の光出力に対応する駆動電力が最小近傍となる  $1000\ \mu\text{m}$ 以上の共振器長を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 3】  $50\ \text{mW}$ 以上の一定の光出力をパラメータとした  $1000\ \mu\text{m}$ 以上の共振器長に対する光電力変換効率の関係をもとに決定され、所望の光出力に対応した光電力変換効率が最大値近傍となる共振器長を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記共振器長は、前記所望の光出力に対応して光電力変換効率が最大となる近似式をもとに決定されることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】  $50\ \text{mW}$ 以上の一定の光出力をパラメータとした  $1000\ \mu\text{m}$ 以上の共振器長に対する駆動電力の関係をもとに決定された、所望の光出力に対する駆動電力が最小近傍となる  $1000\ \mu\text{m}$ 以上の共振器長を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記共振器長は、前記所望の光出力に対応して前記駆動電力が最小となる近似式をもとに決定されることを特徴とする請求項 5 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記共振器長の共振器を形成する活性層は、歪多重量子井戸

構造であることを特徴とする請求項 2～6 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記所望の光出力は、50～400 mW の範囲内であり、  
前記共振器長は、1000～1600  $\mu$ m の範囲内であることを特徴とする請求項 2～7 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】 前記所望の光出力は、50～200 mW の範囲内であり、  
前記共振器長は、1000～1400  $\mu$ m の範囲内であることを特徴とする請求項 2～7 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 10】 一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層の不純物キャリア濃度に対する駆動電力または光電力変換効率の係をもとに決定され、所望の光出力に対応し駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍となる該不純物キャリア濃度が設定された前記上部クラッド層を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 11】 請求項 1～10 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置と、

前記半導体レーザ装置から出射されたレーザ光を外部に導波する光ファイバと

前記半導体レーザ装置と前記光ファイバと光結合を行う光結合レンズ系と、  
を備えたことを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 12】 前記半導体レーザ装置の温度を制御する温度制御装置をさらに備え、

前記光ファイバの入射端近傍に光ファイバグレーティングを形成したことを特徴とする請求項 11 に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 13】 前記半導体レーザ装置の温度を制御する温度制御装置と、  
前記光結合レンズ系内に配置され、光ファイバ側からの反射戻り光の入射を抑制するアイソレータと、

をさらに備えたことを特徴とする請求項 11 に記載の半導体レーザモジュール

【請求項 14】 一定の光出力をパラメータとした、半導体レーザ装置の共

振器長および該半導体レーザ装置の上部クラッド層のキャリア濃度を含む該半導体レーザ装置の各要素と該半導体レーザ装置の駆動電力あるいは光電力変換効率との関係を取得する関係取得工程と、

前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応して該駆動電力が最小近傍あるいは該光電力変換効率が最大近傍となる該半導体レーザ装置の各要素値を決定する要素値決定工程と、

前記要素値決定工程によって決定された各要素値をもつ半導体レーザ装置を形成する形成工程と、

を含むことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 15】 1 0 0 0  $\mu$  m以上の一定の共振器長をパラメータとした 5 0 mW以上の光出力に対する駆動電力の関係を取得する関係取得工程と、

前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応する駆動電力が最小近傍となる 1 0 0 0  $\mu$  m以上の共振器長を決定する共振器長決定工程と、

前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成する形成工程と、

を含むことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 16】 5 0 mW以上の一定の光出力をパラメータとした 1 0 0 0  $\mu$  m以上の共振器長に対する光電力変換効率の関係を取得する関係取得工程と、

前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応した光電力変換効率が最大値近傍となる共振器長を決定する共振器長決定工程と、

前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成する形成工程と、

を含むことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 17】 前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに、前記所望の光出力に対応して光電力変換効率が最大となる近似式を求める近似式算出工程をさらに含み、

前記共振器長決定工程は、前記近似式をもとに前記共振器長を決定することを

特徴とする請求項 1 6 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 8】 5 0 mW 以上の一定の光出力をパラメータとした 1 0 0 0  $\mu$  m 以上の共振器長に対する駆動電力の関係を取得する関係取得工程と、

前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対する駆動電力が最小近傍となる 1 0 0 0  $\mu$  m 以上の共振器長を決定する共振器長決定工程と、

前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成する形成工程と、

を含むことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 9】 前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに、前記所望の所望の光出力に対応して前記駆動電力が最小となる近似式を求める近似式算出工程をさらに含み、

前記共振器長決定工程は、前記近似式をもとに前記共振器長を決定することを特徴とする請求項 1 8 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 2 0】 前記共振器長の共振器を形成する活性層は、歪多重量子井戸構造であることを特徴とする請求項 1 4 ～ 1 9 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置。

【請求項 2 1】 一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層の不純物キャリア濃度に対する駆動電力の関係を取得する関係取得工程と、

前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応し駆動電力が最小近傍となる該不純物キャリア濃度を決定するキャリア濃度決定工程と、

上部クラッド層の不純物キャリア濃度を前記キャリア濃度決定工程によって決定された不純物キャリア濃度に設定した半導体レーザ装置を形成する形成工程と

を含むことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】



【発明の属する技術分野】

この発明は、所望の光出力および高い光電力交換効率を実現する構造が適切に組み合わされた構造をもつ半導体レーザ装置およびその製造方法ならびに半導体レーザモジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、インターネットをはじめとする様々なマルチメディアの普及に伴って、光通信に対する大容量化の要求が大きくなっている。従来、光通信では、光ファイバによる光の吸収が少ない波長である1310nmもしくは1550nmの帯域において、それぞれ単一の波長による伝送が一般的であった。この方式では、多くの情報を伝達するためには伝送経路に敷設する光ファイバの芯数を増やす必要があり、伝送容量の増加に伴ってコストが増加するという問題点があった。

【0003】

そこで、波長分割多重 (WDM : Wavelength Division Multiplexing) 通信方式が用いられるようになった。このWDM通信方式は、主にエルビウム添加ファイバ増幅器 (EDFA : Erbium Doped Fiber Amplifier) を用い、この動作帯域である1550nm帯において、複数の波長を使用して伝送を行う方式である。このDWDM通信方式あるいはWDM通信方式では、1本の光ファイバを用いて複数の異なる波長の光信号を同時に伝送することから、新たな線路を敷設する必要がなく、ネットワークの伝送容量の飛躍的な増加をもたらすことを可能としている。

【0004】

このEDFAの励起には高出力の励起用半導体レーザモジュールが用いられる。特に、1480nm帯の励起用半導体レーザモジュールは、1) 高い信頼性、2) エルビウム添加ファイバの変換効率が高く、増幅器の高出力化に有利であること、3) エルビウム添加ファイバの吸収帯域が広く多波長での合成が可能であること、4) アイソレータ、波長合成器、偏波合成器などの周辺光学部品が揃っていること、などの利点を有している。このことにより、波長合成、偏波合成などによって、複数個の励起用半導体レーザモジュールを用いることで、高出力の

光増幅器の励起光源が実現されるとともに、光増幅システムに用いられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、一般的に半導体レーザ素子（半導体レーザ装置）に電流を注入していくと、光出力が上昇するが、半導体レーザ装置自体の発熱による光出力低下が同時に生起し、一定の駆動電流で飽和し、その後駆動電流を増大しても光出力は増大しなくなる。

【0006】

そこで、飽和が生じる駆動電流値を大きくするために、半導体レーザ装置の共振器長を長くし、所望の光出力を得るようにしていた。逆に、所望の光出力を得るために必要な駆動電流を小さくするために、適切な共振器長を選択し、この選択した共振器長をもつ半導体レーザ装置を作っていた。図14は、半導体レーザ装置の共振器長をパラメータとし、光出力に対する駆動電流の関係を示した図である。たとえば、360mWの光出力をもつ半導体レーザ装置を実現する場合、図14を参照して、駆動電流が最小となる共振器長1300 $\mu$ mを決定していた。

【0007】

しかしながら、半導体レーザ装置の共振器長を長くすると、物理的に半導体レーザ装置の形状が異なるため、駆動電流のみの観点から半導体レーザ装置の共振器長を決定する場合、駆動電力のうち、半導体レーザ装置の光出力に消費される電力のほかに、半導体レーザ装置自体の他の構成部分で消費される直列抵抗や熱抵抗などによる無効電力も増大し、光電力変換効率が低下する場合が生じるという問題点があった。ここで、光電力変換効率とは、半導体レーザ装置の光出力を、半導体レーザ装置の駆動電力で除算した値をいう。

【0008】

また、半導体レーザ装置が消費する無効電力、すなわち駆動電力と光出力との差が大きくなると、この差が主として熱に変換されるため、放熱のための構造が大がかりとなり、半導体レーザ装置が搭載される半導体レーザモジュールが大型化するという問題点があった。

【 0 0 0 9 】

さらに、駆動電力を最小にし、あるいは光電力変換効率を最大にするためには、共振器長の最適化のほかに、たとえば上部クラッド層における不純物である Zn のキャリア濃度などのパラメータを最適化することも考えられる。

【 0 0 1 0 】

この発明は上記に鑑みてなされたもので、所望の光出力が得られる半導体レーザ装置を実現する場合に、駆動電力が最小となり、あるいは光電力変換効率が最大となる半導体レーザ装置およびその製造方法ならびに半導体レーザモジュールを提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項 1 にかかる半導体レーザ装置は、一定の光出力をパラメータとした、半導体レーザ装置の共振器長および該半導体レーザ装置の上部クラッド層のキャリア濃度を含む該半導体レーザ装置の各要素と該半導体レーザ装置の駆動電力あるいは光電力変換効率との関係をもとに決定され、所望の光出力に対応して該駆動電力が最小近傍あるいは該光電力変換効率が最大近傍となる該半導体レーザ装置の各要素値を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

この請求項 1 の発明によれば、一定の光出力をパラメータとした、半導体レーザ装置の共振器長および該半導体レーザ装置の上部クラッド層のキャリア濃度を含む該半導体レーザ装置の各要素と該半導体レーザ装置の駆動電力あるいは光電力変換効率との関係をもとに決定され、所望の光出力に対応して該駆動電力が最小近傍あるいは該光電力変換効率が最大近傍となる該半導体レーザ装置の各要素値を有した半導体レーザ装置を実現することによって、駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍で、50 mW 以上の所望の光出力を得ることができる。

【 0 0 1 3 】

また、請求項 2 にかかる半導体レーザ装置は、1000  $\mu$ m 以上の一定の共振器長をパラメータとした 50 mW 以上の光出力に対する駆動電力の関係をもとに

決定され、所望の光出力に対応する駆動電力が最小近傍となる  $1000\ \mu\text{m}$  以上の共振器長を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

この請求項 2 の発明によれば、 $1000\ \mu\text{m}$  以上の一定の共振器長をパラメータとした  $50\ \text{mW}$  以上の光出力に対する駆動電力の関係をもとに、所望の光出力に対応する駆動電力が最小近傍となる共振器長が決定され、この決定された  $1000\ \mu\text{m}$  以上の共振器長を有する半導体レーザ装置を実現することによって、駆動電力が最小近傍で、 $50\ \text{mW}$  以上の所望の光出力を得ることができる。

【 0 0 1 5 】

また、請求項 3 にかかる半導体レーザ装置は、 $50\ \text{mW}$  以上の一定の光出力をパラメータとした  $1000\ \mu\text{m}$  以上の共振器長に対する光電力変換効率の関係をもとに決定され、所望の光出力に対応した光電力変換効率が最大値近傍となる共振器長を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

この請求項 3 の発明によれば、 $50\ \text{mW}$  以上の一定の光出力をパラメータとした  $1000\ \mu\text{m}$  以上の共振器長に対する光電力変換効率の関係をもとに、所望の光出力に対応した光電力変換効率が最大値近傍となる共振器長が決定され、この決定された  $1000\ \mu\text{m}$  以上の共振器長をもった半導体レーザ装置を実現することによって、高い光電力変換効率で、 $50\ \text{mW}$  以上の所望の光出力を得ることができる。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 4 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記共振器長は、前記所望の光出力に対応して光電力変換効率が最大となる近似式をもとに決定されることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

この請求項 4 の発明によれば、前記共振器長を決定する際、前記所望の光出力に対応して光電力変換効率が最大となる近似式をもとに決定するようにしている。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 5 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、50 mW 以上の一定の光出力をパラメータとした 1000  $\mu$ m 以上の共振器長に対する駆動電力の係数をもとに決定された、所望の光出力に対する駆動電力が最小近傍となる 1000  $\mu$ m 以上の共振器長を備えたことを特徴とする。

【0020】

この請求項 5 の発明によれば、50 mW 以上の一定の光出力をパラメータとした 1000  $\mu$ m 以上の共振器長に対する駆動電力の係数をもとに決定された、所望の光出力に対する駆動電力が最小近傍となる 1000  $\mu$ m 以上の共振器長をもった半導体レーザ装置を実現することによって、低い駆動電力で、50 mW 以上の所望の光出力を得ることができる。

【0021】

また、請求項 6 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記共振器長は、前記所望の光出力に対応して前記駆動電力が最小となる近似式をもとに決定されることを特徴とする。

【0022】

この請求項 6 の発明によれば、前記共振器長を決定する際、前記所望の光出力に対応して駆動電力が最小となる近似式をもとに決定するようにしている。

【0023】

また、請求項 7 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記共振器長の共振器を形成する活性層は、歪多重量子井戸構造であることを特徴とする。

【0024】

この請求項 7 の発明によれば、前記共振器長の共振器を形成する活性層として、歪多重量子井戸構造を適用し、この歪多重量子井戸構造をもつ半導体レーザ装置であっても、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で、50 mW 以上の所望の光出力を得ることができる。

【0025】

また、請求項 8 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記所望の光出力は、50～400 mW の範囲内であり、前記共振器長は、1000～1

6 0 0  $\mu$  mの範囲内であることを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

この請求項 8 の発明によれば、前記所望の光出力を、5 0 ～ 4 0 0 mW の範囲内とし、前記共振器長を、1 0 0 0 ～ 1 6 0 0  $\mu$  m の範囲内とし、光出力に対する駆動電流の関係のみから共振器長を決定した場合に特に差異を持たせることができる具体的な半導体レーザ装置を実現している。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 9 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、前記所望の光出力は、5 0 ～ 2 0 0 mW の範囲内であり、前記共振器長は、1 0 0 0 ～ 1 4 0 0  $\mu$  m の範囲内であることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

この請求項 9 の発明によれば、前記所望の光出力を、5 0 ～ 2 0 0 mW の範囲内とし、前記共振器長を、1 0 0 0 ～ 1 4 0 0  $\mu$  m の範囲内とし、光出力に対する駆動電流の関係のみから共振器長を決定した場合に特に差異を持たせることができる具体的な半導体レーザ装置を実現している。

【 0 0 2 9 】

また、請求項 1 0 にかかる半導体レーザ装置は、上記の発明において、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層の不純物キャリア濃度に対する駆動電力または光電力変換効率の関係をもとに決定され、所望の光出力に対応し駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍となる該不純物キャリア濃度が設定された前記上部クラッド層を備えたことを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

この請求項 1 0 の発明によれば、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層の不純物キャリア濃度に対する駆動電力の関係をもとに決定され、所望の光出力に対応し駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍となる該不純物キャリア濃度が設定された前記上部クラッド層をもった半導体レーザ装置を実現することによって、駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍で、5 0 mW 以上の所望の光出力を得ることができる。

【 0 0 3 1 】

また、請求項 1 1 にかかる半導体レーザモジュールは、請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置と、前記半導体レーザ装置から出射されたレーザ光を外部に導波する光ファイバと、前記半導体レーザ装置と前記光ファイバと光結合を行う光結合レンズ系とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

この請求項 1 1 の発明によれば、請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置を搭載した半導体レーザモジュールを実現し、所望の光出力を、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で得ることができるようにしている。

【 0 0 3 3 】

また、請求項 1 2 にかかる半導体レーザモジュールは、上述した発明において、前記半導体レーザ装置の温度を制御する温度制御装置をさらに備え、前記光ファイバの入射端近傍に光ファイバグレーティングを形成したことを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

この請求項 1 2 の発明によれば、前記光ファイバの入射端近傍に光ファイバグレーティングを形成し、この光ファイバグレーティングによって選択された波長のレーザ光を出力するようにしている。

【 0 0 3 5 】

また、請求項 1 3 にかかる半導体レーザモジュールは、上記の発明において、前記半導体レーザ装置の温度を制御する温度制御装置と、前記光結合レンズ系内に配置され、光ファイバ側からの反射戻り光の入射を抑制するアイソレータとをさらに備えたことを特徴とする。

【 0 0 3 6 】

この請求項 1 3 の発明によれば、請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置を搭載した半導体レーザモジュールを実現し、温度制御装置が搭載される半導体レーザモジュールであっても、所望の光出力を、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で得ることができるようにしている。

【 0 0 3 7 】

また、請求項 1 4 にかかる半導体レーザ装置の製造方法は、一定の光出力をバ

ラメータとした、半導体レーザ装置の共振器長および該半導体レーザ装置の上部クラッド層のキャリア濃度を含む該半導体レーザ装置の各要素と該半導体レーザ装置の駆動電力あるいは光電力変換効率との関係を取得する関係取得工程と、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応して該駆動電力が最小近傍あるいは該光電力変換効率が最大近傍となる該半導体レーザ装置の各要素値を決定する要素値決定工程と、前記要素値決定工程によって決定された各要素値をもつ半導体レーザ装置を形成する形成工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 3 8 】

この請求項 1 4 の発明によれば、関係取得工程によって、一定の光出力をパラメータとした、半導体レーザ装置の共振器長および該半導体レーザ装置の上部クラッド層のキャリア濃度を含む該半導体レーザ装置の各要素と該半導体レーザ装置の駆動電力あるいは光電力変換効率との関係を取得し、要素値決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応して該駆動電力が最小近傍あるいは該光電力変換効率が最大近傍となる該半導体レーザ装置の各要素値を決定し、形成工程によって、前記要素値決定工程によって決定された各要素値をもつ半導体レーザ装置を形成するようにしている。

## 【 0 0 3 9 】

また、請求項 1 5 にかかる半導体レーザ装置の製造方法は、 $1000\mu\text{m}$ 以上の一定の共振器長をパラメータとした  $50\text{mW}$ 以上の光出力に対する駆動電力の関係を取得する関係取得工程と、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応する駆動電力が最小近傍となる  $1000\mu\text{m}$ 以上の共振器長を決定する共振器長決定工程と、前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成する形成工程とを含むことを特徴とする。

## 【 0 0 4 0 】

この請求項 1 5 の発明によれば、関係取得工程によって、 $1000\mu\text{m}$ 以上の一定の共振器長をパラメータとした  $50\text{mW}$ 以上の光出力に対する駆動電力の関



係を取得し、共振器長決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応する駆動電力が最小近傍となる  $1000\text{ }\mu\text{m}$  以上の共振器長を決定し、形成工程によって、前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成するようにしている。

## 【0041】

また、請求項16にかかる半導体レーザ装置の製造方法は、 $50\text{ mW}$ 以上の一定の光出力をパラメータとした  $1000\text{ }\mu\text{m}$  以上の共振器長に対する光電力変換効率の係数取得する関係取得工程と、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応した光電力変換効率が最大値近傍となる共振器長を決定する共振器長決定工程と、前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成する形成工程とを含むことを特徴とする。

## 【0042】

この請求項16の発明によれば、関係取得工程によって、 $50\text{ mW}$ 以上の一定の光出力をパラメータとした  $1000\text{ }\mu\text{m}$  以上の共振器長に対する光電力変換効率の係数取得し、共振器長決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応した光電力変換効率が最大値近傍となる共振器長を決定し、形成工程によって、前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成するようにしている。

## 【0043】

また、請求項17にかかる半導体レーザ装置の製造方法は、上記の発明において、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに、前記所望の光出力に対応して光電力変換効率が最大となる近似式を求める近似式算出工程をさらに含み、前記共振器長決定工程は、前記近似式をもとに前記共振器長を決定することを特徴とする。

## 【0044】

この請求項17の発明によれば、近似式算出工程が、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに、前記所望の光出力に対応して光電力変換効率が

最大となる近似式を求め、前記共振器長決定工程が、前記近似式をもとに前記共振器長を決定するようにしている。

【 0 0 4 5 】

また、請求項 1 8 にかかる半導体レーザ装置の製造方法は、5 0 mW 以上の一定の光出力をパラメータとした 1 0 0 0  $\mu$  m 以上の共振器長に対する駆動電力の関係を取得する関係取得工程と、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対する駆動電力が最小近傍となる 1 0 0 0  $\mu$  m 以上の共振器長を決定する共振器長決定工程と、前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成する形成工程とを含むことを特徴とする。

【 0 0 4 6 】

この請求項 1 8 の発明によれば、関係取得工程によって、5 0 mW 以上の一定の光出力をパラメータとした 1 0 0 0  $\mu$  m 以上の共振器長に対する駆動電力の関係を取得し、共振器長決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対する駆動電力が最小近傍となる 1 0 0 0  $\mu$  m 以上の共振器長を決定し、形成工程によって、前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成するようにしている。

【 0 0 4 7 】

また、請求項 1 9 にかかる半導体レーザ装置の製造方法は、上記の発明において、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに、前記所望の所望の光出力に対応して前記駆動電力が最小となる近似式を求める近似式算出工程をさらに含み、前記共振器長決定工程は、前記近似式をもとに前記共振器長を決定することを特徴とする。

【 0 0 4 8 】

この請求項 1 9 の発明によれば、近似式算出工程が、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに、前記所望の所望の光出力に対応して前記駆動電力が最小となる近似式を求め、前記共振器長決定工程が、前記近似式をもとに前記共振器長を決定するようにしている。

【 0 0 4 9 】

また、請求項 2 0 にかかる半導体レーザ装置の製造方法は、上記の発明において、前記共振器長の共振器を形成する活性層は、歪多重量子井戸構造であることを特徴とする。

【 0 0 5 0 】

この請求項 2 0 の発明によれば、前記共振器長の共振器を形成する活性層として、歪多重量子井戸構造を適用し、この歪多重量子井戸構造をもつ半導体レーザ装置であっても、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で、5 0 mW 以上の所望の光出力を得ることができる。

【 0 0 5 1 】

また、請求項 2 1 にかかる半導体レーザ装置の製造方法は、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層の不純物キャリア濃度に対する駆動電力の関係を取得する関係取得工程と、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応し駆動電力が最小近傍となる該不純物キャリア濃度を決定するキャリア濃度決定工程と、上部クラッド層の不純物キャリア濃度を前記キャリア濃度決定工程によって決定された不純物キャリア濃度に設定した半導体レーザ装置を形成する形成工程とを含むことを特徴とする。

【 0 0 5 2 】

この請求項 2 1 の発明によれば、関係取得工程によって、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層の不純物キャリア濃度に対する駆動電力の関係を取得し、キャリア濃度決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応し駆動電力が最小近傍となる該不純物キャリア濃度を決定し、形成工程によって、上部クラッド層の不純物キャリア濃度を前記キャリア濃度決定工程によって決定された不純物キャリア濃度に設定した半導体レーザ装置を形成するようにしている。

【 0 0 5 3 】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかる半導体レーザ装置およびその製

造方法ならびに半導体レーザモジュールの好適な実施の形態について説明する。

【 0 0 5 4 】

(実施の形態 1)

まず、この発明の実施の形態 1 について説明する。図 1 は、この発明の実施の形態 1 である半導体レーザ装置の概要構成を示す斜めからみた破断図である。また、図 2 は、図 1 に示した半導体レーザ装置の長手方向の縦断面図である。さらに、図 3 は、図 2 に示した半導体レーザ装置の A-A 線断面図である。図 1 ～図 3 において、この半導体レーザ装置 2 0 は、 $n$ - $\text{InP}$  基板 1 の (100) 面上に、順次、 $n$ - $\text{InP}$  によるバッファ層と下部クラッド層とを兼ねた  $n$ - $\text{InP}$  クラッド層 2、圧縮歪みをもつ  $\text{GRIN-SCH-MQW}$  (Graded Index-Separate Confinement Heterostructure Multi Quantum Well) 活性層 3、および  $p$ - $\text{InP}$  クラッド層 6、 $\text{InGaAsP}$  キャップ層 7 が積層された構造を有する。

【 0 0 5 5 】

$p$ - $\text{InP}$  クラッド層 6 の一部、 $\text{GRIN-SCH-MQW}$  活性層 3、および  $n$ - $\text{InP}$  クラッド層 2 の上部は、メサストライプ状に加工され、メサストライプの両側は、電流ブロッキング層として形成された  $p$ - $\text{InP}$  ブロッキング層 8 と  $n$ - $\text{InP}$  ブロッキング層 9 によって埋め込まれている。また、 $\text{InGaAsP}$  キャップ層 7 の上面には、 $p$  側電極 1 0 が形成され、 $n$ - $\text{InP}$  基板 1 の裏面には、 $n$  側電極 1 1 が形成される。

【 0 0 5 6 】

半導体レーザ装置 2 0 の長手方向の一端面である光反射端面には、反射率 8 0 % 以上の高光反射率をもつ反射膜 1 4 が形成され、他端面である光出射端面には、反射率が 1 ～ 5 % の低光反射率をもつ出射側反射膜 1 5 が形成される。反射膜 1 4 と出射側反射膜 1 5 とによって形成された光共振器の  $\text{GRIN-SCH-MQW}$  活性層 3 内に発生した光は、反射膜 1 4 によって反射し、出射側反射膜 1 5 を介し、レーザ光として出射される。

【 0 0 5 7 】

ここで、共振器長  $L$  は、 $\text{GRIN-SCH-MQW}$  活性層 3 の長手方向の長さであり、 $1000\ \mu\text{m}$  以上としている。また、この半導体レーザ装置 2 0 から出

力される光出力は 5 0 mW 以上としている。

【 0 0 5 8 】

図 1 に示した半導体レーザ装置の共振器長  $L$  は、図 4 に示した関係をもとに決定される。図 4 は、共振器長をパラメータとし、光出力に対する駆動電力との関係を示す図である。図 4 は、図 1 に示した半導体レーザ装置 2 0 の構造を有することを前提に、共振器長を  $800\ \mu\text{m}$ 、 $1000\ \mu\text{m}$ 、 $1300\ \mu\text{m}$ 、 $1500\ \mu\text{m}$ 、 $1800\ \mu\text{m}$  とした場合における光出力と駆動電力との関係を示している。

【 0 0 5 9 】

図 4 において、全体的に、共振器長が短い半導体レーザ装置は、一定の光出力を得る場合、共振器長が長い半導体レーザ装置に比して大きな駆動電力を必要とする。しかし、共振器長が  $1500\ \mu\text{m}$  と  $1800\ \mu\text{m}$  とを比べると、光出力が 4 2 0 mW 近傍 (P 1) で逆転し、4 2 0 mW 以上の光出力を得る場合、共振器長が長い  $1800\ \mu\text{m}$  の半導体レーザ装置の方が低い駆動電力で済むことがわかる。同様に、共振器長が  $1300\ \mu\text{m}$  と  $1800\ \mu\text{m}$  とを比べると、光出力が 3 5 0 mW 近傍 (P 2) で逆転し、3 5 0 mW 以上の光出力を得る場合、共振器長が長い  $1800\ \mu\text{m}$  の半導体レーザ装置の方が低い駆動電力で済むことがわかる。さらに、共振器長が  $1000\ \mu\text{m}$  と  $1800\ \mu\text{m}$  とを比べると、光出力が 2 5 0 mW 近傍 (P 3) で逆転し、2 5 0 mW 以上の光出力を得る場合、共振器長が長い  $1800\ \mu\text{m}$  の半導体レーザ装置の方が低い駆動電力で済むことがわかる。すなわち、一定の光出力を得る場合に、この一定の光出力の値によって、駆動電力が最小となる最適な共振器長の値が変化することになる。

【 0 0 6 0 】

ここで、図 1 4 に示した従来の光出力に対する駆動電流との関係をもとに、共振器長を選択した場合を考えると、従来は駆動電流が小さい半導体レーザ装置が、駆動電力が小さい半導体レーザ装置であるとみなしていたので、光出力が約 2 2 0 mW までは、共振器長を  $800\ \mu\text{m}$  とし、光出力が約 2 2 0 mW から約 3 5 0 mW までは、共振器長を  $1000\ \mu\text{m}$  とし、光出力が約 3 5 0  $\mu\text{m}$  から約 3 8 0  $\mu\text{m}$  までは、共振器長を  $1300\ \mu\text{m}$  とし、光出力が約 3 8 0 mW から約 4 2

0 mWまでは、共振器長を1500  $\mu$ mとし、光出力が約420 mW以上では、共振器長を1800  $\mu$ mとし、光出力の増大とともに、増大する共振器長を決定していた。

## 【0061】

したがって、たとえば、光出力が360 mWの半導体レーザ装置を得ようとする場合、従来は共振器長を1300  $\mu$ mとして決定していたが、この場合、実際には、図4に示した関係に基づいて共振器長を1500  $\mu$ mとする方が、小さな駆動電力で駆動できるため、適切でない共振器長の判断、決定を行っていたことになる。

## 【0062】

これに対し、この実施の形態1では、図4に示すように、共振器長をパラメータとし、光出力に対する駆動電力との関係をもとに、所望の光出力を得ることができる共振器長の中で、最も駆動電力が小さい共振器長を選択決定するようにしているので、常に駆動電力が小さい半導体レーザ装置を実現することができる。

## 【0063】

なお、上述した実施の形態1では、圧縮歪みを有するGRIN-SCH-MQW活性層3を用いた半導体レーザ装置20によって所望の光出力を得る場合に、最小の駆動電力となる共振器長を決定するようにしていたが、これに限らず、他の構造をもった半導体レーザ装置に対しても適用することができる。

## 【0064】

ここで、図5に示すフローチャートを参照して、この発明の実施の形態1における半導体レーザ装置の製造方法について説明する。図5において、まず、共振器長をパラメータとした、光出力に対する駆動電力の関係、すなわち、図4に示した関係をデータベース30から取得する（ステップS101）。その後、所望の光出力の設定を行い（ステップS102）、この設定された所望の光出力に対応し、最小の駆動電力をもつ共振器長を決定する（ステップS103）。その後、この決定した共振器長をもつ半導体レーザ装置を製造し（ステップS104）、本処理を終了する。

## 【0065】

なお、上述した実施の形態 1 では、共振器長を  $800\ \mu\text{m}$ 、 $1000\ \mu\text{m}$ 、 $1300\ \mu\text{m}$ 、 $1500\ \mu\text{m}$ 、 $1800\ \mu\text{m}$  とした 5 つのパラメータについて述べたが、これに限らず、他の共振器長について、光出力に対する駆動電力との関係を求め、あるいは補完し、さらに詳細な共振器長を精度高く決定するようにしてもよい。この場合、共振器長を決定する際、最小の駆動電力に対応する共振器長を決定するのではなく、所定の駆動電力以下となる共振器長を決定するようにしてもよい。

## 【 0 0 6 6 】

さらに、上述した実施の形態 1 では、図 4 に示す特性曲線を具体的な実験値を理論値によって補完しているが、さらに実験値を多く求め、確からしさを高めるようにしてもよい。

## 【 0 0 6 7 】

## (実施の形態 2)

つぎに、この発明の実施の形態 2 について説明する。上述した実施の形態 1 では、図 4 に示した光出力と駆動電力との関係をもとに、所望の光出力を得る場合に最小の駆動電力となる共振器長を決定するようにしていたが、この実施の形態 2 では、光出力をパラメータとし、共振器長に対する光電力変換効率の関係をもとに、所望の光出力を得る場合に、最大の光電力変換効率に対応する共振器長を決定するようにしている。

## 【 0 0 6 8 】

図 6 に示すように、光出力をパラメータとして、共振器長に対する光電力変換効率の関係を求めると、各光出力に対して光電力変換効率が最大となる最適値が存在する。したがって、所望の光電力に対する光電力変換効率が最大となる点に対応する共振器長を求めることによって、光電力変換効率が最大となる共振器長を決定することができ、この共振器長をもった半導体レーザ装置とすることによって、光電力変換効率が高い半導体レーザ装置を実現することができる。なお、光電力変換効率が高いことは、駆動電力が最小であることを意味する。

## 【 0 0 6 9 】

たとえば、図 6 において、 $360\ \text{mW}$  の光出力を得る場合、光電力変換効率の

最大値は、0.15であり、そのときの共振器長は1500  $\mu\text{m}$ である。したがって、共振器長を1500  $\mu\text{m}$ とすることによって、光電力変換効率が最も高い360 mW光出力の半導体レーザ装置を実現することができる。また、50 mWの光出力を得る場合、光電力変換効率の最大値は、0.34であり、そのときの共振器長は1000  $\mu\text{m}$ である。したがって、共振器長を1000  $\mu\text{m}$ とすることによって、光電力変換効率が最も高い50 mW光出力の半導体レーザ装置を実現することができる。

## 【0070】

ここで、図7に示すフローチャートを参照して、この発明の実施の形態2における半導体レーザ装置の製造方法について説明する。図7において、まず、一定の光出力をパラメータとした、共振器長に対する光電力変換効率の関係、すなわち、図6に示した関係をデータベース30から取得する（ステップS201）。その後、所望の光出力の設定を行い（ステップS202）、この設定された所望の光出力に対応し、最大あるいは最大値近傍の光電力変換効率をもつ共振器長を決定する（ステップS203）。その後、この決定した共振器長をもつ半導体レーザ装置を製造し（ステップS204）、本処理を終了する。

## 【0071】

なお、図6に示した光電力変換効率が最大となる共振器長と光出力との関係をもとに、共振器長と光出力との関係を示す近似式L1をもとめ、この近似式L1をもとに、共振器長を決定するようにしてもよい。この近似式L1は、求められた最大値の値を所定の近似方式によって関係づけたものである。この近似式L1では、光出力と最適な共振器長との関係を示すため、所望の光出力の値を入力することによって、最適な共振器長を直ちに求めることができる。

## 【0072】

なお、上述した実施の形態2では、光電力変換効率が最大となる共振器長を決定するようにしていたが、これに限らず、所定の光電力変換効率以下の共振器長を決定するようにしてもよいし、光電力変換効率が最大近傍となる共振器長を決定するようにしてもよい。最大値近傍の範囲は、最大値の光電力変換効率に対応する所定の百分率で規定した範囲内の共振器長としてもよく、最大値の光電力変



換効率に対応する共振器長を基準として所定の百分率で規定した範囲内の共振器長としてもよい。また、近似式 L 1 によって求められた共振器長に対して所定のマージンを設けるようにしてもよい。このマージンは、最大値近傍の範囲に対応する。

## 【 0 0 7 3 】

## (実施の形態 3)

つぎに、この発明の実施の形態 3 について説明する。上述した実施の形態 2 では、光出力をパラメータとし、共振器長に対する光電力変換効率の関係をもとに、所望の光出力を得る場合に、光電力変換効率が最大となる共振器長を決定するようにしていたが、この実施の形態 3 では、光出力をパラメータとし、共振器長に対する駆動電力の関係をもとに、所望の光出力を得る場合に、駆動電力が最小となる共振器長を決定するようにしている。すなわち、実施の形態 2 の光電力変換効率を、実質的に同一な駆動電力としている。

## 【 0 0 7 4 】

図 8 は、一定の光出力をパラメータとし、共振器長に対する駆動電力の関係を示す図である。図 8 では、図 6 に示した光電力変換効率とは逆に、駆動電力が最小値をもつ特性となる。図 8 において、各光出力に対して、それぞれ駆動電力が最小の値となる共振器長をもつ。特に、光出力が大きくなるに従って、最小値が顕著にあらわれる。たとえば、光出力が 3 6 0 mW の場合、駆動電力の最小値は、2. 4 W であり、このときの共振器長は 1 5 0 0  $\mu$  m となる。このようにして、所望の光出力に対して、駆動電力が最小となる共振器長を求めることができる。

## 【 0 0 7 5 】

ここで、図 9 に示すフローチャートを参照して、この発明の実施の形態 3 における半導体レーザ装置の製造方法について説明する。図 9 において、まず、一定の光出力をパラメータとした、共振器長に対する駆動電力の関係、すなわち、図 8 に示した関係をデータベース 3 0 から取得する (ステップ S 3 0 1)。その後、所望の光出力の設定を行い (ステップ S 3 0 2)、この設定された所望の光出力に対応し、最小あるいは最小値近傍の駆動電力をもつ共振器長を決定する (ス

テップ S 3 0 3)。その後、この決定した共振器長をもつ半導体レーザ装置を製造し（ステップ S 3 0 4）、本処理を終了する。

【 0 0 7 6 】

なお、図 8 に示した駆動電力が最小となる共振器長と光出力との関係をもとに、共振器長と光出力との関係を示す近似式 L 2 をもとめ、この近似式 L 2 をもとに、共振器長を決定するようにしてもよい。この近似式 L 2 は、求められた最小値を所定の近似方式によって関係づけたものである。この近似式 L 2 では、光出力と最適な共振器長との関係を示すため、所望の光出力の値を入力することによって、最適な共振器長を直ちに求めることができる。

【 0 0 7 7 】

また、上述した実施の形態 3 では、駆動電力が最小となる共振器長を決定するようにしていたが、これに限らず、所定の駆動電力以下の共振器長を決定するようにしてもよいし、駆動電力が最小近傍となる共振器長を決定するようにしてもよい。最小値近傍の範囲は、最小値の駆動電力に対応する所定の百分率で規定した範囲内の共振器長としてもよく、最小値の駆動電力に対応する共振器長を基準として所定の百分率で規定した範囲内の共振器長としてもよい。また、近似式 L 2 によって求められた共振器長に対して所定のマージンを設けるようにしてもよい。このマージンは、最小値近傍の範囲に対応する。

【 0 0 7 8 】

なお、上述した実施の形態 1 ～ 3 において、共振器長は最大で  $1800\mu\text{m}$  として説明したが、これに限らず、さらに長い共振器長についても、同様に適用することができる。とくに、光出力の増大が要望される場合には、さらに長い共振器長が必要になり、この場合における半導体レーザ装置 2 0 の駆動電力は大きなものとなり、一層、この実施の形態に示した作用効果があらわれるものと考えられる。

【 0 0 7 9 】

（実施の形態 4）

つぎに、この発明の実施の形態 4 について説明する。上述した実施の形態 1 ～ 3 では、いずれも、所望の光出力から、駆動電力が最小あるいは光電力変換効率

が最大となる共振器長を求めるものであったが、この実施の形態4では、所望の光出力および一定の共振器長から、駆動電力が最小となる上部クラッド層（p-InPクラッド層6）のZnキャリア濃度を求めるようにしている。

#### 【0080】

図10は、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層におけるZnキャリア濃度に対する駆動電力の関係を示す図である。図10において、800  $\mu$ m、1000  $\mu$ mの一定の共振器長と150 mW、170 mW、190 mWなどの一定の光出力の組み合わせに対して駆動電力の値が最小となる上部クラッド層のZnキャリア濃度が存在する。なお、図15に示したように、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層におけるZnキャリア濃度に対する駆動電流の関係を求めると、Znキャリア濃度が高くなるにつれて、駆動電流が単調に増大する関係となり、最適値は存在しない。すなわち、Znキャリア濃度は、駆動電力の観点からみると、最小値が存在することがわかる。

#### 【0081】

したがって、所望の光出力および一定の共振器長に対して駆動電流を最小化することができる上部クラッド層のZnキャリア濃度を決定することができる。なお、共振器長を最適化すると、一層駆動電流を低くすることができるのは、実施の形態1～3で説明したとおりである。

#### 【0082】

たとえば、所望の光出力が190 mWである場合に、共振器長が800  $\mu$ mの場合、駆動電力が最小となる上部クラッド層のZnキャリア濃度は値C<sub>z</sub>であり、このときの駆動電力は1.2 Wとなる。この場合、共振器長を1000  $\mu$ mとすることによって、駆動電力は1.1 Wとなる。

#### 【0083】

ここで、図11に示すフローチャートを参照して、この発明の実施の形態4における半導体レーザ装置の製造方法について説明する。図11において、まず、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとした、上部クラッド層のZnキャリア濃度に対する駆動電力の関係を、すなわち、図10に示した関係をデータ

ベース 3 0 から取得する（ステップ S 4 0 1）。その後、所望の光出力および一定の共振器長の設定を行い（ステップ S 4 0 2）、この設定された所望の光出力および一定の共振器長に対応し、最小あるいは最小値近傍の駆動電力をもつ Z n キャリア濃度を決定する（ステップ S 4 0 3）。その後、この決定した Z n キャリア濃度をもつ半導体レーザ装置を製造し（ステップ S 4 0 4）、本処理を終了する。

## 【 0 0 8 4 】

なお、図 8 に示した駆動電力が最小となる Z n キャリア濃度と、光出力および共振器長との関係をもとに、Z n キャリア濃度と、光出力および共振器長との関係を示す近似式をもとめ、この近似式をもとに、Z n キャリア濃度を決定するようにしてもよい。この近似式は、求められた最小値を所定の近似方式によって関係づけたものである。この近似式では、光出力および共振器長の組み合わせと、最適な Z n キャリア濃度との関係を示すため、所望の光出力および一定の共振器長の値を入力することによって、最適な Z n キャリア濃度を直ちに求めることができる。

## 【 0 0 8 5 】

なお、この実施の形態 4 では、Z n キャリア濃度に対する駆動電力の関係をもとに、最適な Z n キャリア濃度を求めるようにしていたが、これに限らず、実施の形態 2 と同様に、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、Z n キャリア濃度に対する光電力変換効率の関係を求め、光電力変換効率が最大となる Z n キャリア濃度を求めるようにしてもよい。

## 【 0 0 8 6 】

また、上述した実施の形態 4 では、駆動電力が最小となる Z n キャリア濃度を決定するようにしていたが、これに限らず、所定の駆動電力以下の Z n キャリア濃度を決定するようにしてもよいし、駆動電力が最小近傍となる Z n キャリア濃度を決定するようにしてもよい。最小値近傍の範囲は、最小値の駆動電力に対応する所定の百分率で規定した範囲内の Z n キャリア濃度としてもよく、最小値の駆動電力に対応する Z n キャリア濃度を基準として所定の百分率で規定した範囲内の Z n キャリア濃度としてもよい。また、近似式によって求められた Z n キャ

リア濃度に対して所定のマージンを設けるようにしてもよい。このマージンは、最小値近傍の範囲に対応する。

【 0 0 8 7 】

なお、上述した実施の形態 1 ～ 4 では、駆動電力が最小あるいは最小近傍または光電力変換効率が最大あるいは最大近傍となる半導体レーザ装置 2 0 の共振器長あるいは上部クラッド層の Zn キャリア濃度を決定するようにしていたが、これに限らず、半導体レーザ装置 2 0 の各種要素を同様に決定するようにしてもよい。たとえば、半導体レーザ装置 2 0 の反射膜 1 4 あるいは出射側反射膜 1 5 の反射率の値を決定するようにしてもよい。

【 0 0 8 8 】

(実施の形態 5)

つぎに、この発明の実施の形態 5 について説明する。この実施の形態 5 では、上述した実施の形態 1 ～ 4 で示した半導体レーザ装置をモジュール化したものである。

【 0 0 8 9 】

図 1 2 は、この発明の実施の形態 5 である半導体レーザモジュールの構成を示す縦断面図である。図 1 2 において、この半導体レーザモジュール 5 0 は、上述した実施の形態 1 ～ 4 で示した半導体レーザ装置に対応する半導体レーザ装置 5 1 を有する。半導体レーザモジュール 5 0 の筐体として、セラミックなどによって形成されたパッケージ 5 9 の内部底面上に、温度制御装置としてのペルチェ素子 5 8 が配置される。ペルチェ素子 5 8 上にはベース 5 7 が配置され、このベース 5 7 上にはヒートシンク 5 7 a が配置される。

【 0 0 9 0 】

ベース 5 7 上には、半導体レーザ装置 5 1 およびサーミスタ 5 8 a を配置したヒートシンク 5 7 a、第 1 レンズ 5 2、および電流モニタ 5 6 が配置される。半導体レーザ装置 5 1 から出射されたレーザ光は、第 1 レンズ 5 2、アイソレータ 5 3、および第 2 レンズ 5 4 を介し、光ファイバ 5 5 上に導波される。第 2 レンズ 5 4 は、レーザ光の光軸上であって、パッケージ 5 9 上に設けられ、外部接続される光ファイバ 5 5 に光結合される。なお、電流モニタ 5 6 は、半導体レーザ

装置 5 1 の反射膜側から漏れた光をモニタ検出する。

【 0 0 9 1 】

ここで、この半導体レーザモジュール 5 0 では、他の光学部品などによる反射戻り光が共振器内に再入力しないように、半導体レーザ装置 5 1 と光ファイバ 5 5 との間にアイソレータ 5 3 を介在させている。

【 0 0 9 2 】

図 1 3 は、外部温度と半導体レーザ装置 5 1 の温度との温度差をパラメータとした場合における半導体レーザ装置 5 1 の駆動電力とペルチェ素子 5 8 の駆動電力との関係を示す図である。ペルチェ素子 5 8 に供給される駆動電力は、半導体レーザモジュール 5 0 の外部温度と半導体レーザ装置 5 1 の温度との温度差  $\Delta T$  の大きさによって変化する。図 1 3 に示すように温度差  $\Delta T$  が大きいほど、ペルチェ素子 5 8 に加えられる駆動電力は大きくなる。たとえば、外部温度が 7 5 °C で半導体レーザ装置 5 1 の温度を 2 5 °C に保つためには、温度差  $\Delta T$  を 5 0 °C とする必要があり、この場合、半導体レーザ装置 5 1 の駆動電力が 1 . 7 W である場合、ペルチェ素子 5 8 に加えられる駆動電力は 7 W となる。

【 0 0 9 3 】

ここで、上述した実施の形態 1 ~ 4 に示した半導体レーザ装置 5 1 を半導体レーザモジュール 5 0 に適用することによって、半導体レーザ装置 5 1 の駆動電力が小さくなるため、ペルチェ素子 5 8 に加えられる駆動電力も小さくなる。たとえば、温度差  $\Delta T = 5 0$  °C を維持させる場合で半導体レーザ装置 5 1 の駆動電力が 1 . 7 W から 1 . 2 5 W に減少することができた場合、ペルチェ素子 5 8 に加えられる駆動電力は、7 W から 4 W に減少し、半導体レーザ装置 5 1 の低消費電力化に加えて、さらに 3 W 分の低消費電力化が実現されたことになる。このようにして、半導体レーザ装置 5 1 自体の低消費電力化を図ることによって、結果として半導体レーザモジュール 5 0 全体の低消費電力化が実現される。

【 0 0 9 4 】

なお、上述した実施の形態 5 では、半導体レーザ装置 5 1 から出力されたレーザ光をそのまま出力する形態の半導体レーザモジュールであったが、光ファイバ 5 5 の第 2 レンズ 5 4 側端部の近傍に光ファイバグレーティングを形成し、この

光ファイバグレーティングによって半導体レーザ装置 5 1 から出力されたレーザ光を波長選択して出力する光ファイバグレーティングを有した半導体レーザ装置を搭載した半導体レーザモジュールにも適用できる。

【 0 0 9 5 】

この実施の形態 5 では、実施の形態 1 ～ 4 で示した半導体レーザ装置をモジュール化しているため、特にペルチェ素子 5 8 が消費する電力を削減することができ、結果として半導体レーザモジュール 5 0 全体としての駆動電力が小さくなり、光電力変換効率を高くすることができる。

【 0 0 9 6 】

【発明の効果】

以上説明したように、この請求項 1 の発明によれば、一定の光出力をパラメータとした、半導体レーザ装置の共振器長および該半導体レーザ装置の上部クラッド層のキャリア濃度を含む該半導体レーザ装置の各要素と該半導体レーザ装置の駆動電力あるいは光電力変換効率との関係をもとに決定され、所望の光出力に対応して該駆動電力が最小近傍あるいは該光電力変換効率が最大近傍となる該半導体レーザ装置の各要素値を有した半導体レーザ装置を実現することによって、駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍で、5 0 mW 以上の所望の光出力を得ることができるので、駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍で、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に実現することができるという効果を奏する。また、光電力変換効率が最大近傍となることで、無効電力が抑制されるため、半導体レーザ装置の活性層の温度上昇が抑制され、これによって半導体レーザ装置の信頼性を向上させることができるという効果を奏する。

【 0 0 9 7 】

また、請求項 2 の発明によれば、1 0 0 0  $\mu$  m 以上の一定の共振器長をパラメータとした 5 0 mW 以上の光出力に対する駆動電力の関係をもとに、所望の光出力に対応する駆動電力が最小近傍となる共振器長が決定され、この決定された 1 0 0 0  $\mu$  m 以上の共振器長を有する半導体レーザ装置を実現することによって、駆動電力が最小近傍で、5 0 mW 以上の所望の光出力を得ることができるので、

駆動電力が最小近傍で、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に実現することができるという効果を奏する。また、駆動電力が最小近傍となることで、無効電力が抑制されるため、半導体レーザ装置の活性層の温度上昇が抑制され、これによって半導体レーザ装置の信頼性を向上させることができるという効果を奏する。

【 0 0 9 8 】

また、請求項 3 の発明によれば、50 mW 以上の一定の光出力をパラメータとした 1000  $\mu$ m 以上の共振器長に対する光電力変換効率の関係をもとに、所望の光出力に対応した光電力変換効率が最大値近傍となる共振器長が決定され、この決定された 1000  $\mu$ m 以上の共振器長をもった半導体レーザ装置を実現することによって、高い光電力変換効率で、50 mW 以上の所望の光出力を得ることができるので、光電力変換効率が高く、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に実現することができるという効果を奏する。

【 0 0 9 9 】

また、請求項 4 の発明によれば、前記共振器長を決定する際、前記所望の光出力に対応して光電力変換効率が最大となる近似式をもとに決定するようにしているので、コンピュータプログラムなどを用いて、所望の光出力を、高い光電力変換効率をもって、得ることができる半導体レーザ装置の共振器長を迅速に決定することができるという効果を奏する。

【 0 1 0 0 】

また、請求項 5 の発明によれば、50 mW 以上の一定の光出力をパラメータとした 1000  $\mu$ m 以上の共振器長に対する駆動電力の関係をもとに決定された、所望の光出力に対する駆動電力が最小近傍となる 1000  $\mu$ m 以上の共振器長をもった半導体レーザ装置を実現することによって、低い駆動電力で、50 mW 以上の所望の光出力を得ることができるので、駆動電力が低く、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に実現することができるという効果を奏する。

【 0 1 0 1 】

また、請求項 6 の発明によれば、前記共振器長を決定する際、前記所望の光出



力に対応して駆動電力が最小となる近似式をもとに決定するようにしているので、コンピュータプログラムなどを用いて、所望の光出力を、低い駆動電力で得ることができる半導体レーザ装置の共振器長を迅速に決定することができるという効果を奏する。

## 【 0 1 0 2 】

また、請求項 7 の発明によれば、前記共振器長の共振器を形成する活性層として、歪多重量子井戸構造を適用し、この歪多重量子井戸構造をもつ半導体レーザ装置であっても、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で、50 mW 以上の所望の光出力を得ることができるので、各種の構造をもった半導体レーザ装置に適用することができる高い柔軟性を有するという効果を奏する。

## 【 0 1 0 3 】

また、請求項 8 の発明によれば、前記所望の光出力を、50～400 mW の範囲内とし、前記共振器長を、1000～1600  $\mu$ m の範囲内とし、光出力に対する駆動電流の関係のみから共振器長を決定した場合に特に差異を持たせることができる具体的な半導体レーザ装置を実現しているので、所望の光出力を、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で得ることができるという効果を奏する。

## 【 0 1 0 4 】

また、請求項 9 の発明によれば、前記所望の光出力を、50～200 mW の範囲内とし、前記共振器長を、1000～1400  $\mu$ m の範囲内とし、光出力に対する駆動電流の関係のみから共振器長を決定した場合に特に差異を持たせることができる具体的な半導体レーザ装置を実現しているので、所望の光出力を、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で得ることができるという効果を奏する。

## 【 0 1 0 5 】

また、請求項 10 の発明によれば、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層の不純物キャリア濃度に対する駆動電力の関係をもとに決定され、所望の光出力に対応し駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍となる該不純物キャリア濃度が設定された前記上部クラッド層をもった半導体レーザ装置を実現することによって、駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍で、50 mW 以上の所望の光出力を得ることができるの

で、駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍で、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に実現することができるという効果を奏する。

## 【 0 1 0 6 】

また、請求項 1 1 の発明によれば、請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置を搭載した半導体レーザモジュールを実現し、所望の光出力を、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で実現することができるようにしているので、半導体レーザモジュール全体としても、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で、所望の光出力を得ることができるという効果を奏する。

## 【 0 1 0 7 】

また、請求項 1 2 の発明によれば、前記光ファイバの入射端近傍に光ファイバグレーティングを形成し、この光ファイバグレーティングによって選択された波長のレーザ光を出力するようにしているので、光ファイバグレーティングを用いた半導体レーザ装置を実現する半導体レーザモジュールであっても、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で、所望の光出力を得ることができるという効果を奏する。

## 【 0 1 0 8 】

また、請求項 1 3 の発明によれば、請求項 1 ～ 1 0 のいずれか一つに記載の半導体レーザ装置を搭載した半導体レーザモジュールを実現し、温度制御装置が搭載される半導体レーザモジュールであっても、所望の光出力を、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で得ることができるようにしているので、半導体レーザモジュール全体としても、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で、所望の光出力を得ることができるという効果を奏する。

## 【 0 1 0 9 】

また、請求項 1 4 の発明によれば、関係取得工程によって、一定の光出力をパラメータとした、半導体レーザ装置の共振器長および該半導体レーザ装置の上部クラッド層のキャリア濃度を含む該半導体レーザ装置の各要素と該半導体レーザ装置の駆動電力あるいは光電力変換効率との関係を取得し、要素値決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の

光出力に対応して該駆動電力が最小近傍あるいは該光電力変換効率が最大近傍となる該半導体レーザ装置の各要素値を決定し、形成工程によって、前記要素値決定工程によって決定された各要素値をもつ半導体レーザ装置を形成するようにしているので、駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍で、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に製造することができるという効果を奏する。

【 0 1 1 0 】

また、請求項 1 5 の発明によれば、関係取得工程によって、 $1000\mu\text{m}$ 以上の一定の共振器長をパラメータとした  $50\text{mW}$ 以上の光出力に対する駆動電力の関係を取得し、共振器長決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応する駆動電力が最小近傍となる  $1000\mu\text{m}$ 以上の共振器長を決定し、形成工程によって、前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成するようにしているので、駆動電力が最小近傍で、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に実現することができるという効果を奏する。

【 0 1 1 1 】

また、請求項 1 6 の発明によれば、関係取得工程によって、 $50\text{mW}$ 以上の一定の光出力をパラメータとした  $1000\mu\text{m}$ 以上の共振器長に対する光電力変換効率の関係を取得し、共振器長決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応した光電力変換効率が最大値近傍となる共振器長を決定し、形成工程によって、前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成するようにしているので、光電力変換効率の高く、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に実現することができるという効果を奏する。

【 0 1 1 2 】

また、請求項 1 7 の発明によれば、近似式算出工程が、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに、前記所望の光出力に対応して光電力変換効率が最大となる近似式を求め、前記共振器長決定工程が、前記近似式をもとに前記共振器長を決定するようにしているので、コンピュータプログラムなどを用いて

、所望の光出力を、高い光電力変換効率をもって、得ることができる半導体レーザ装置の共振器長を迅速に決定することができるという効果を奏する。

【 0 1 1 3 】

また、請求項 1 8 の発明によれば、関係取得工程によって、5 0 mW 以上の一定の光出力をパラメータとした 1 0 0 0  $\mu$  m 以上の共振器長に対する駆動電力の関係を取得し、共振器長決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対する駆動電力が最小近傍となる 1 0 0 0  $\mu$  m 以上の共振器長を決定し、形成工程によって、前記共振器長決定工程によって決定された共振器長をもつ半導体レーザ装置を形成するようにしているので、駆動電力が低く、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に実現することができるという効果を奏する。

【 0 1 1 4 】

また、請求項 1 9 の発明によれば、近似式算出工程が、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに、前記所望の所望の光出力に対応して前記駆動電力が最小となる近似式を求め、前記共振器長決定工程が、前記近似式をもとに前記共振器長を決定するようにしているので、コンピュータプログラムなどを用いて、所望の光出力を、低い駆動電力で得ることができる半導体レーザ装置の共振器長を迅速に決定することができるという効果を奏する。

【 0 1 1 5 】

また、請求項 2 0 の発明によれば、前記共振器長の共振器を形成する活性層として、歪多重量子井戸構造を適用し、この歪多重量子井戸構造をもつ半導体レーザ装置であっても、高い光電力変換効率あるいは低駆動電力で、5 0 mW 以上の所望の光出力を得ることができるので、各種の構造をもった半導体レーザ装置に適用することができる高い柔軟性を有するという効果を奏する。

【 0 1 1 6 】

また、請求項 2 1 の発明によれば、関係取得工程によって、一定の光出力および一定の共振器長をパラメータとし、上部クラッド層の不純物キャリア濃度に対する駆動電力の関係を取得し、キャリア濃度決定工程によって、前記関係取得工程によって取得された前記関係をもとに決定され、所望の光出力に対応し駆動電

力が最小近傍となる該不純物キャリア濃度を決定し、形成工程によって、上部クラッド層の不純物キャリア濃度を前記キャリア濃度決定工程によって決定された不純物キャリア濃度に設定した半導体レーザ装置を形成するようにしているので、駆動電力が最小近傍あるいは光電力変換効率が最大近傍で、所望の光出力を得ることができる半導体レーザ装置を容易に実現することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の実施の形態 1 である半導体レーザ装置を斜めからみた破断図である。

【図 2】

図 1 に示した半導体レーザ装置の概要構成を示す長手方向の縦断面図である。

【図 3】

図 1 に示した半導体レーザ装置の A - A 線断面図である。

【図 4】

図 1 に示した半導体レーザ装置に適用され、共振器長をパラメータとし、光出力に対する駆動電力の関係を示す図である。

【図 5】

図 4 に示した関係をもとに形成される半導体レーザ装置の製造方法を示すフローチャートである。

【図 6】

図 1 に示した半導体レーザ装置に適用され、光出力をパラメータとし、共振器長に対する光電力変換効率の関係を示す図である。

【図 7】

図 6 に示した関係をもとに形成される半導体レーザ装置の製造方法を示すフローチャートである。

【図 8】

図 1 に示した半導体レーザ装置に適用され、光出力をパラメータとし、共振器長に対する駆動電力の関係を示す図である。

【図 9】

図 8 に示した関係をもとに形成される半導体レーザ装置の製造方法を示すフローチャートである。

【図 1 0】

図 1 に示した半導体レーザ装置に適用され、光出力をパラメータとし、上部クラッド層の  $Zn$  キャリア濃度に対する駆動電力の関係を示す図である。

【図 1 1】

図 1 0 に示した関係をもとに形成される半導体レーザ装置の製造方法を示すフローチャートである。

【図 1 2】

この発明の実施の形態 5 である半導体レーザモジュールの構成を示す図である。

【図 1 3】

外部温度と半導体レーザ装置温度との温度差をパラメータとした場合における半導体レーザ装置の駆動電力とペルチェ素子の駆動電力との関係を示す図である。

【図 1 4】

従来の半導体レーザ装置の共振器長決定に用いられた、共振器長をパラメータとした光出力に対する駆動電流の関係を示す図である。

【図 1 5】

従来の半導体レーザ装置の上部クラッド層における  $Zn$  キャリア濃度決定に用いられた、一定の光出力をパラメータとした  $Zn$  キャリア濃度に対する駆動電流の関係を示す図である。

【符号の説明】

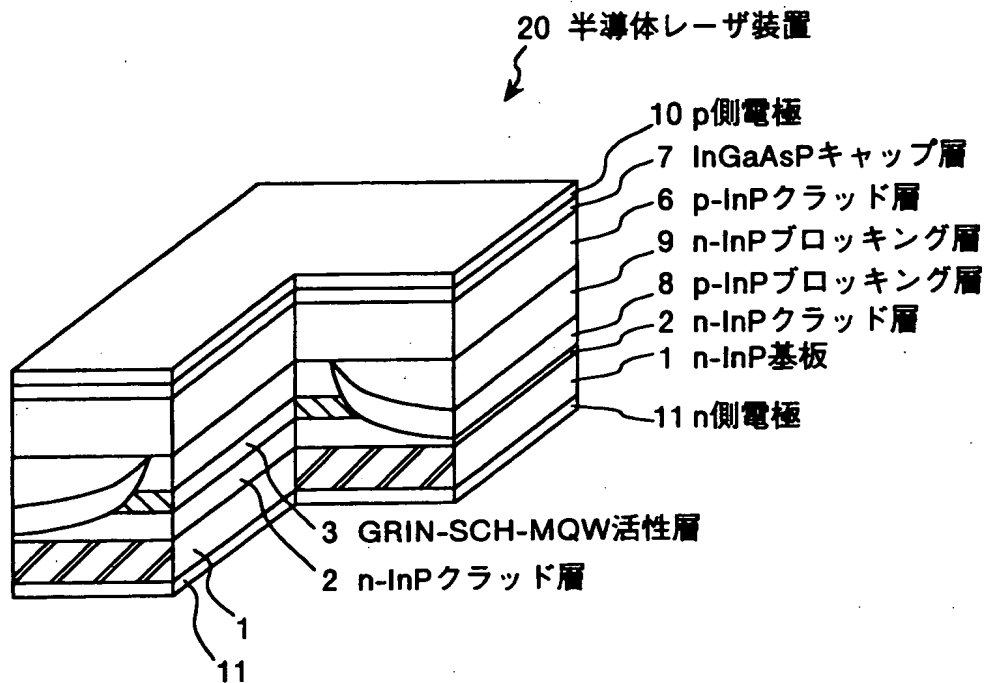
- 1  $n-InP$  基板
- 2  $n-Inp$  クラッド層
- 3 GRIN-SCH-MQW 活性層
- 6  $p-InP$  クラッド層
- 7 InGaAsP キャップ層

- 8 p-I n P ブロッキング層
- 9 n-I n P ブロッキング層
- 1 0 p 側電極
- 1 1 n 側電極
- 1 4 反射膜
- 1 5 出射側反射膜
- 2 0, 5 1 半導体レーザ装置
- 3 0 データベース
- 5 0 半導体レーザモジュール
- 5 2 第1 レンズ
- 5 3 アイソレータ
- 5 4 第2 レンズ
- 5 5 光ファイバ
- 5 6 電流モニタ
- 5 7 ベース
- 5 7 a ヒートシンク
- 5 8 ペルチェ素子
- 5 8 a サーミスタ
- 5 9 パッケージ

【書類名】

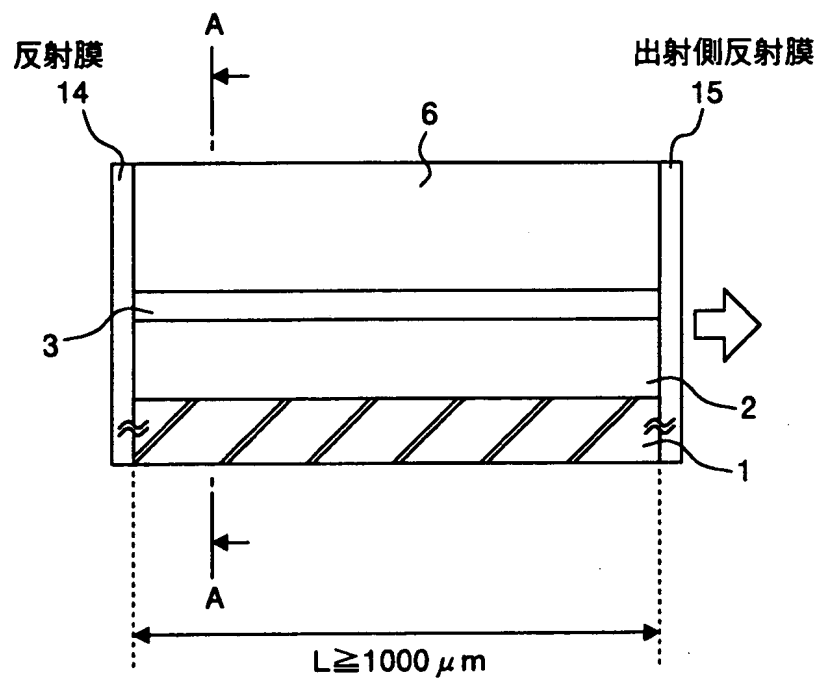
図面

【図1】

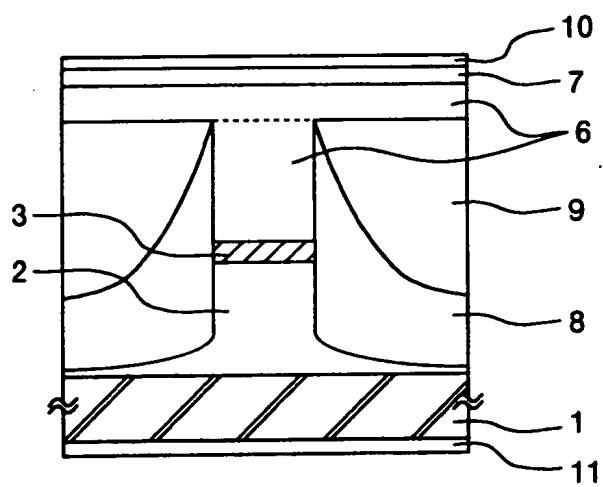




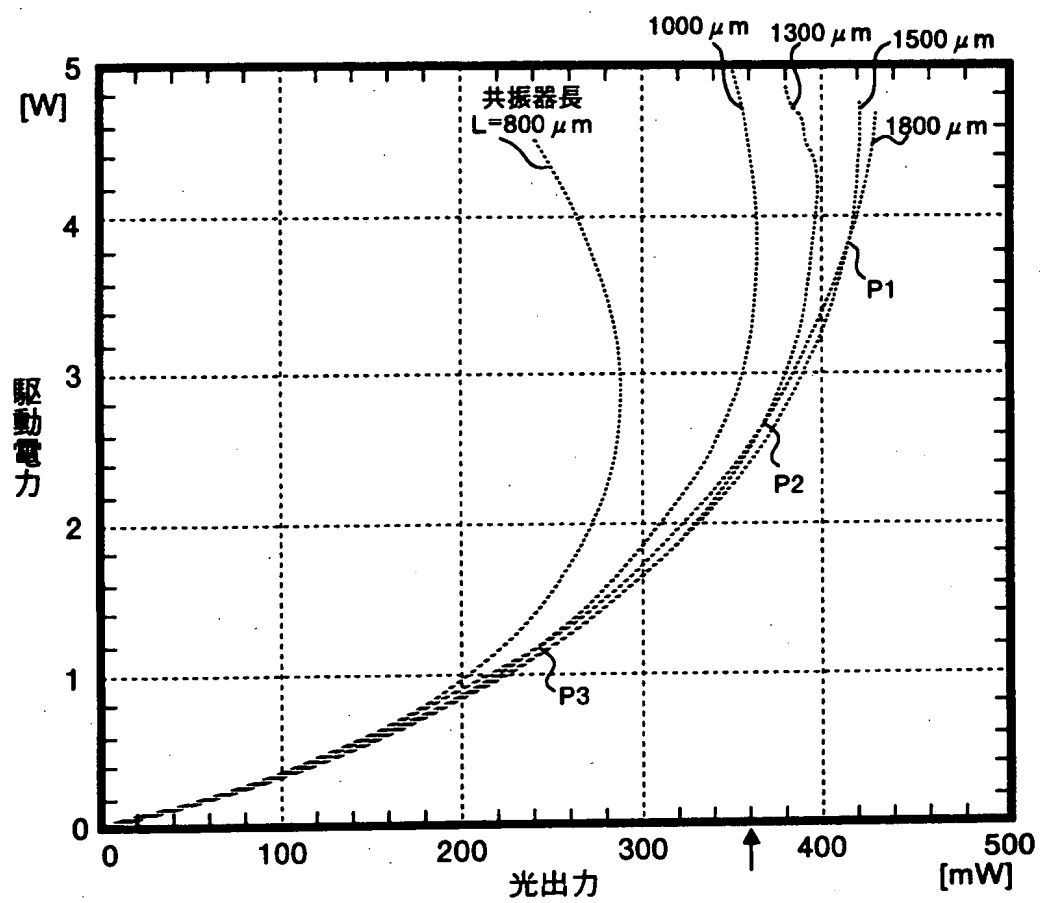
【図 2】



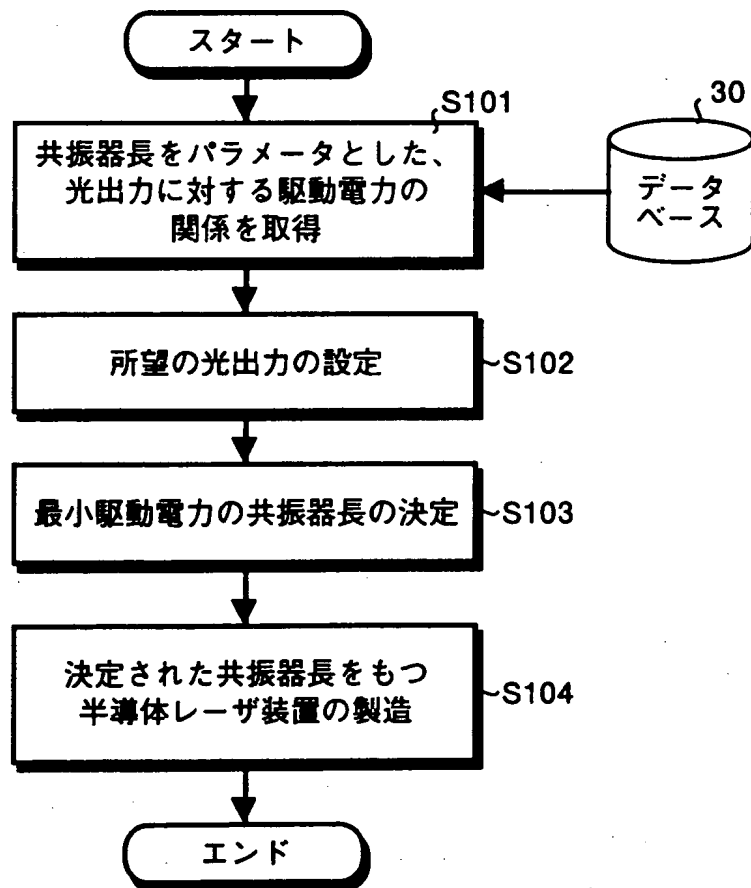
【図 3】



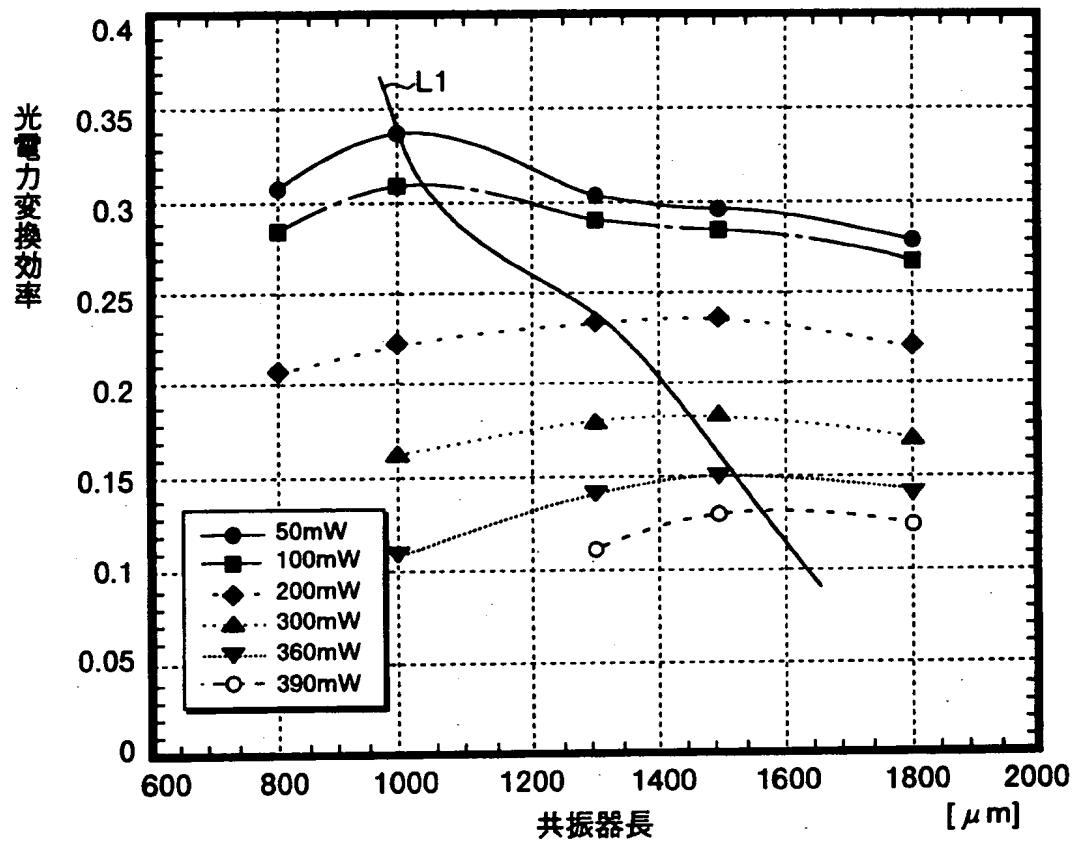
【図 4】



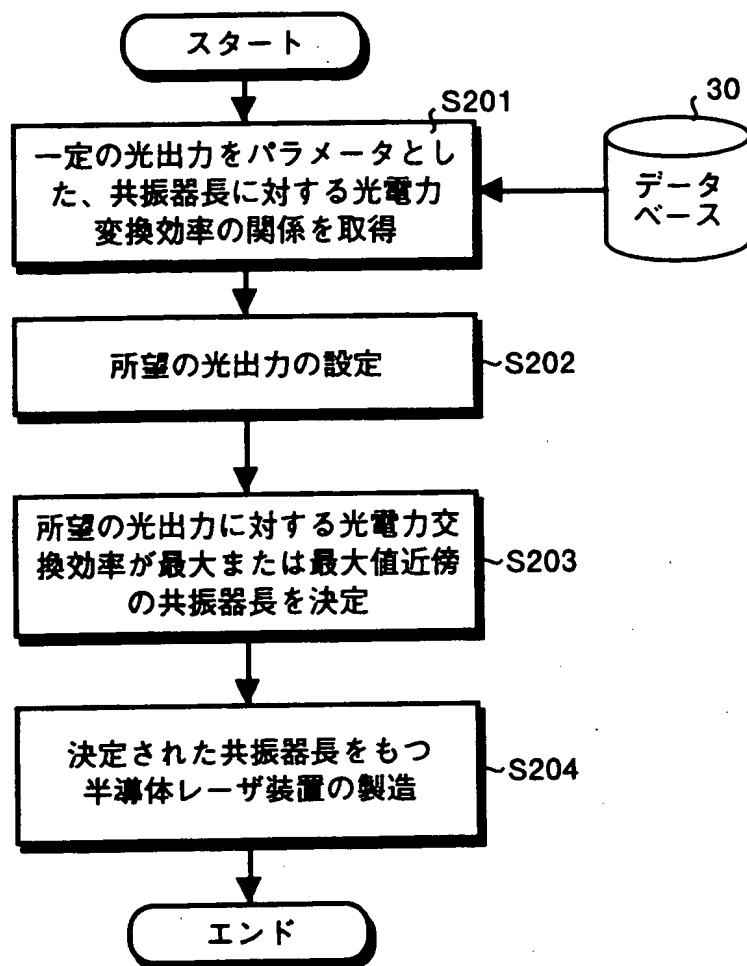
【図 5】



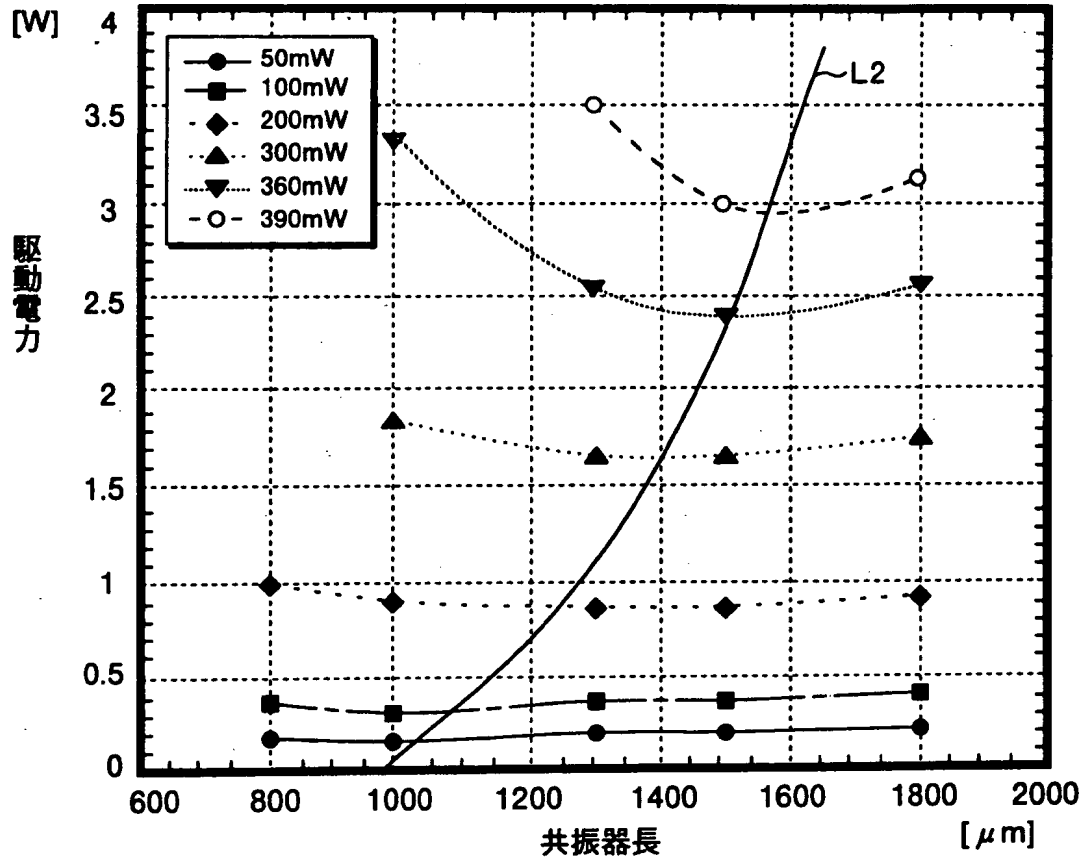
【図 6】



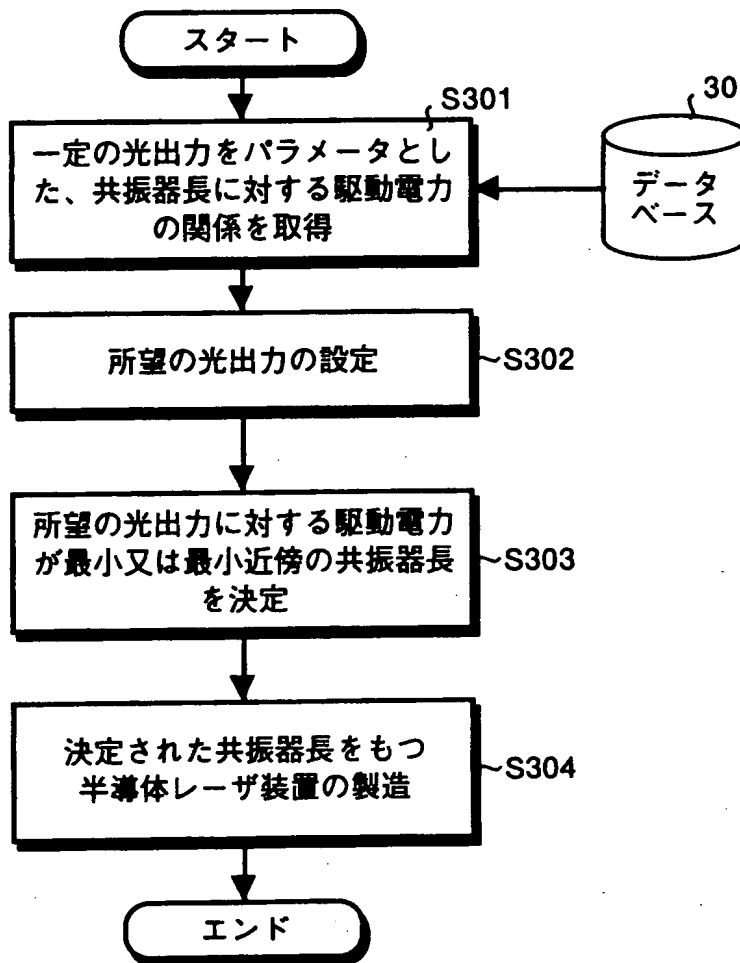
【図 7】



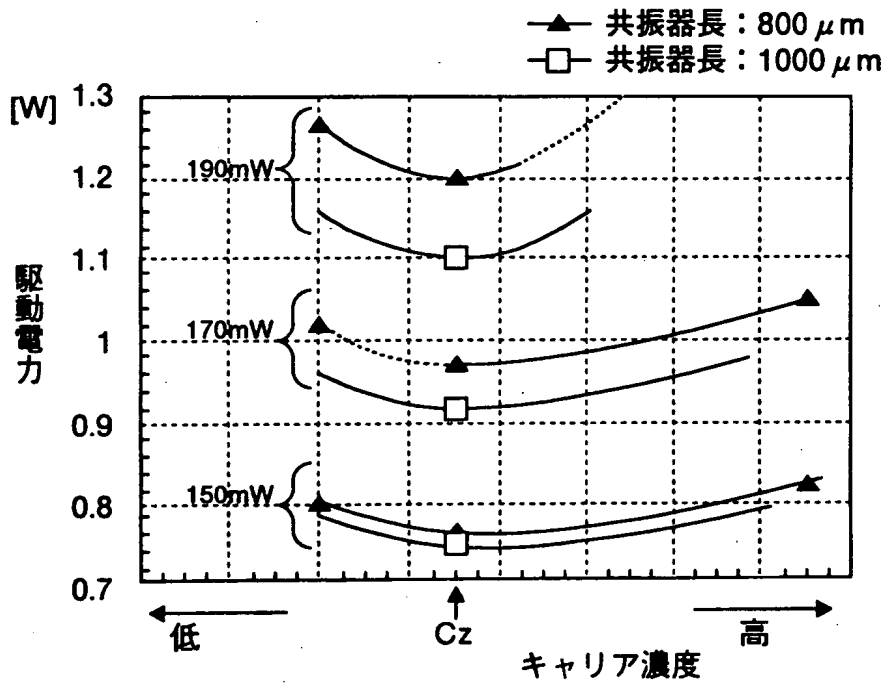
【図 8】



【図9】

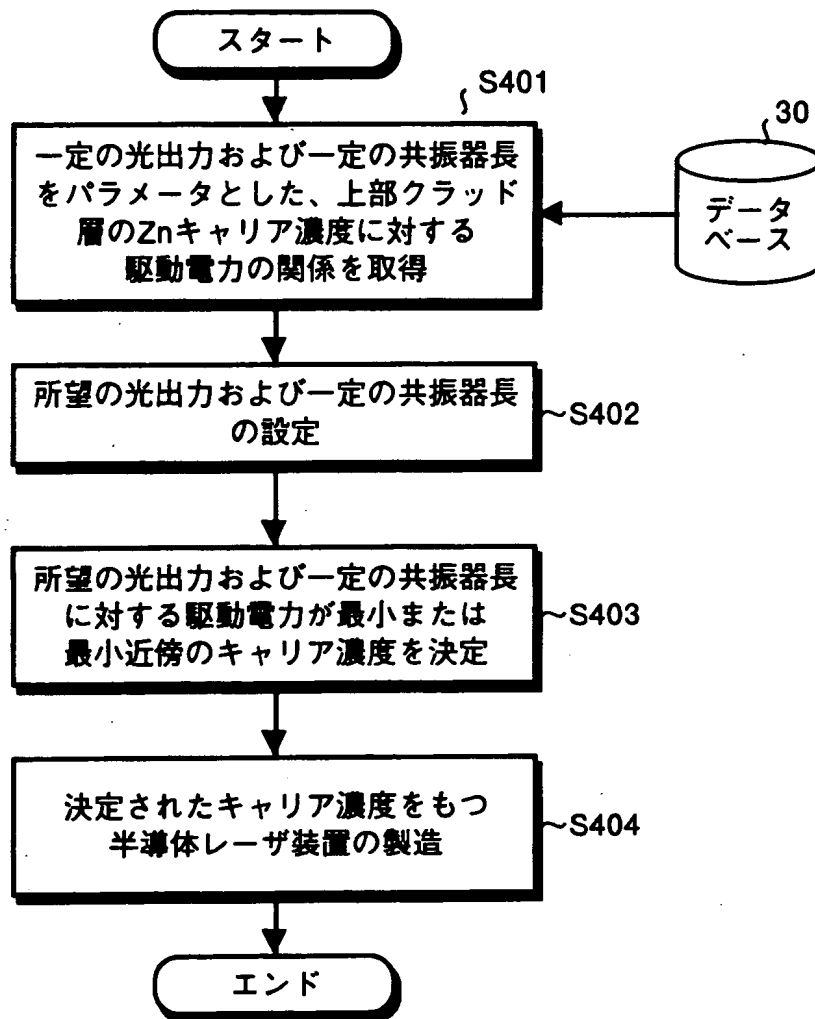


【図10】

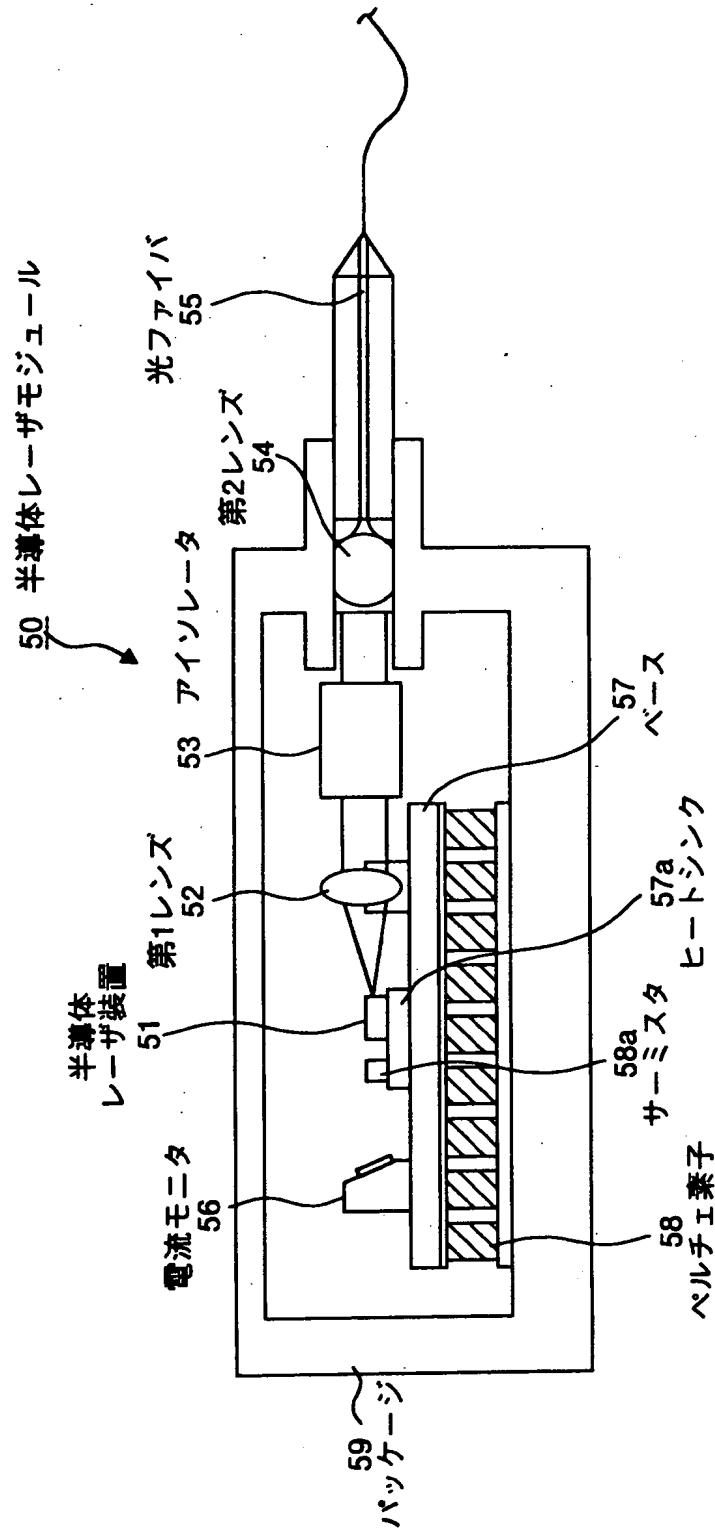




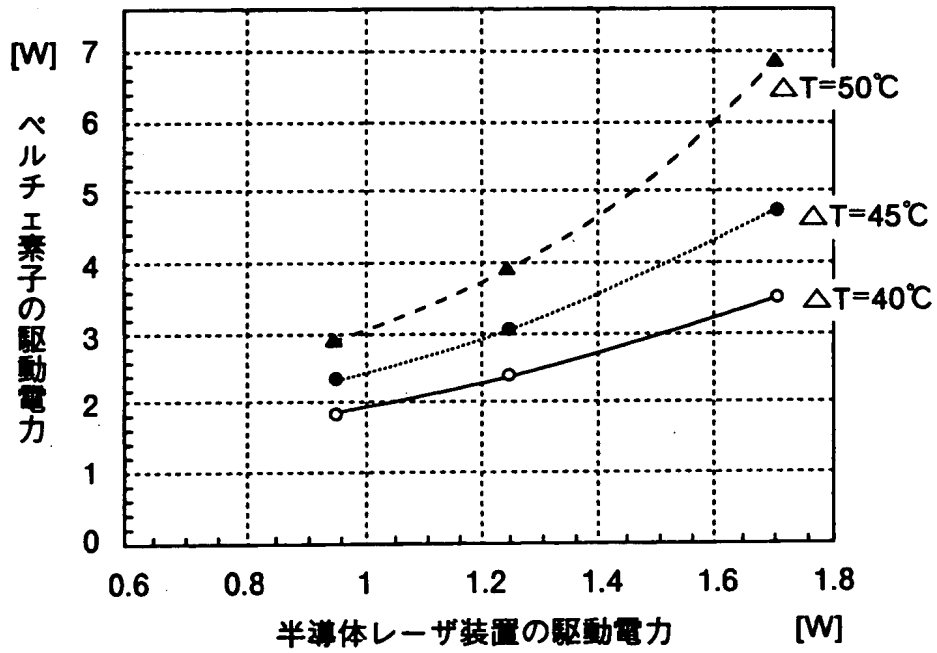
【図 1 1】



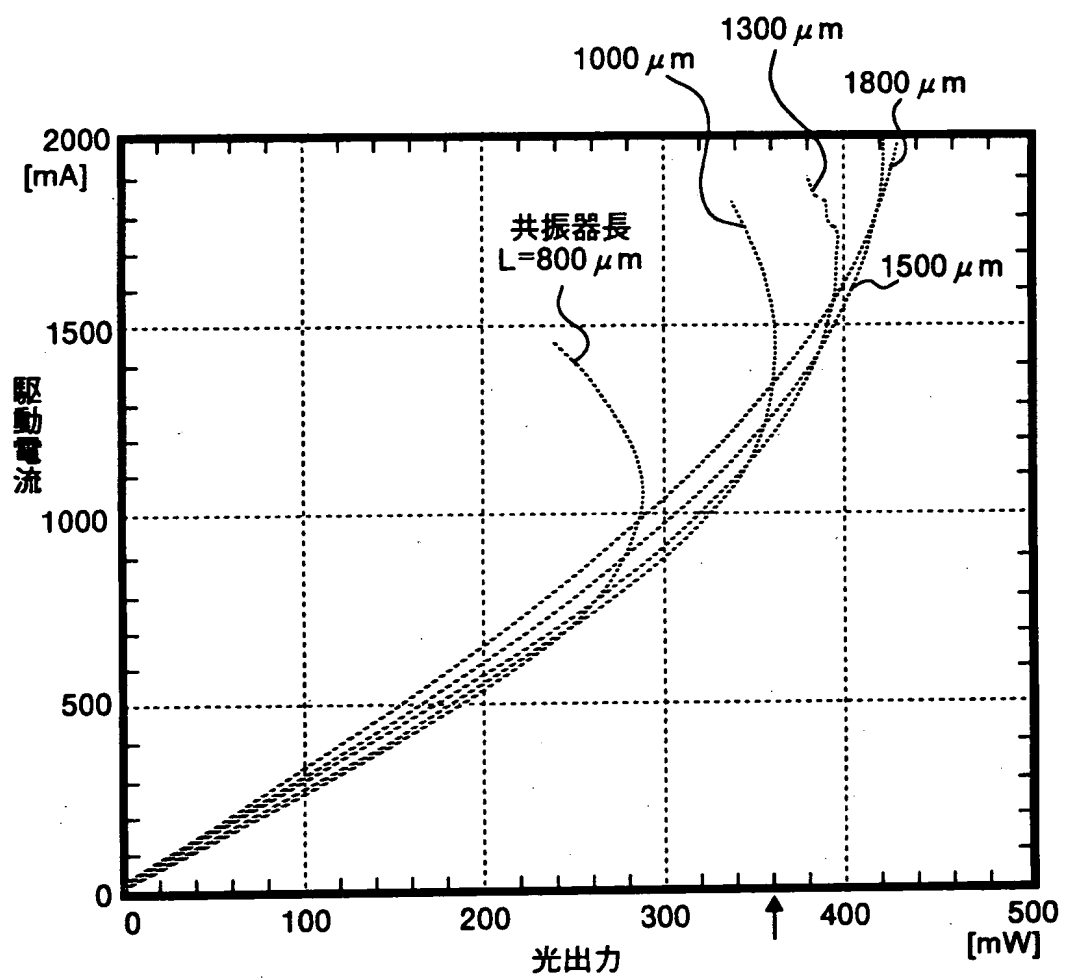
【図12】



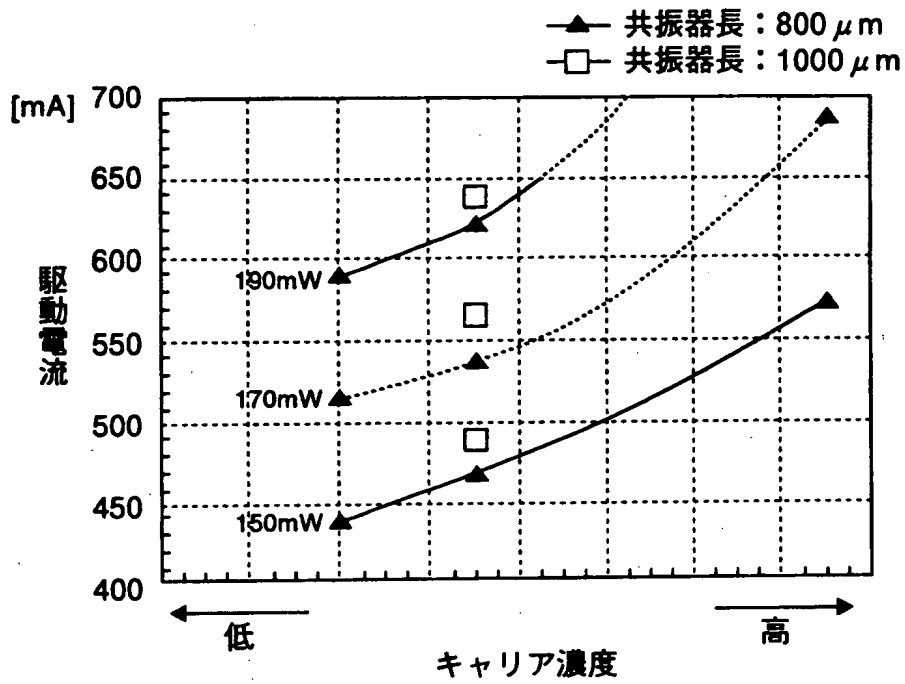
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所望の光出力が得られる半導体レーザ装置を実現する場合に、駆動電力が最小となり、あるいは光電力変換効率が最大となる半導体レーザ装置および半導体レーザモジュールを提供すること。

【解決手段】  $1000\ \mu\text{m}$ 以上の一定の共振器長をパラメータとした  $50\ \text{mW}$ 以上の光出力に対する駆動電力の関係をもとに、所望の光出力に対応する駆動電力が最小近傍となる共振器長を決定する。たとえば、光出力が  $360\ \text{mW}$ である場合には、 $1500\ \mu\text{m}$ の共振器長が選択決定される。

【選択図】 図4

特2000-378103

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005290]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

氏 名 古河電気工業株式会社